Année 1972 *N°*

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

SAINT-ANTOINE

120

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Robert SANA

NE LE 6 AOUT 1943 A PARIS (XII°)

Préseniée et soutenue publiquement le 1972

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA THERMOGRAPHIE; SES APPLICATIONS A LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE.

PRESIDENT : MONSIEUR H. BRICAIRE, PROFESSEUR.

Editions de l'AGEMP

8, rue Dante-PARIS Ve

Année 1972 *N°*

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

SAINT-ANTOINE

THESE

POUR LE

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

PAR

Robert SANA

NE LE 6 AOUT 1943 A PARIS (XII°)

Préseniée et soutenue publiquement le 1972

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA THERMOGRAPHIE; SES APPLICATIONS A LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE.

PRESIDENT : MONSIEUR H. BRICAIRE, PROFESSEUR.

Editions de l'AGEMP

8, rue Dante-PARIS Ve

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

A ma Femme

A mon Fils

A ma Famille

A ma femme

A mon fils

A ma famille

A Monsieur le Professeur BRICAIRE

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris

qui m'a fait le grand honneur d'accepter
la présidence de cette thèse.

En témoignage de mon profond respect.

A Monsieur le Professeur BRICAIRE

Professeur à la Faculté de Médecine de Paris

qui m'a fait le grand honneur d'accepter
la présidence de cette thèse.

En témoignage de mon profond respect.

A Monsieur le Docteur BAUJAT

En remerciement de la sympathie qu'il a bien voulu me témoigner à l'occasion de cette thèse.

A Monsieur le Docteur BAULAT

En remerciement de la sympathie qu'il a bien
voulu me témoigner à l'occasion de cette thèse.

TABLE DES MATIERES

I - INTRODUCTION..... 1

II - HISTORIQUE : 4

III - PRINCIPE : 6

IV - TECHNIQUE :..... 9

V - APPLICATIONC CLINIQUES EN DEHORS DE LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE : 14

a) - Pathologie vasculaire : 14
b) - Pathologie mammaire :..... 20
c) - Affections rhumatismales et traumatologie 21
d) - Indications obstétricales et gynécologique : 23

VI - APPLICATIONS A LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE : 24

VII - CONCLUSIONS : 30

- RENSEIGNEMENTS BIBLIOGRAPHIQUES

I - INTRODUCTION

On sait depuis longtemps que la température cutanée varie d'un point du corps à l'autre, et qu'elle est en partie fonction de l'activité des structures sous jacentes. On sut également très vite que selon que celles-ci sont normales, ou pathologiques, la température cutanée variera dans des marges appréciables et utilisables.

On comprend alors que dès que l'on peut mettre au point et utiliser un appareillage d'enregistrement suffisamment sensible, toute une méthode d'exploration se créa. Elle devait prendre un grand développement et une haute signification avec la naissance de la thermographie, basée sur l'émission d'infra-rouges par le revêtement tégumentaire. Elle a permis d'obtenir un instantané thermique d'une région limitée ou étendue du corps, en enregistrant le rayonnement infra-rouge émis; la thermographie avait été utilisée depuis longtemps dans des buts militaires et astronautiques. La thermographie médicale, toute récente,peut être définie comme une graphie de l'énergie intra-rouge émise par le corps humain; elle doit donc être distinguée de deux méthodes voisines, mais de principes foncièrement différents :

La photographie infra-rouge, qui est une simple photographie d'un sujet illuminé aux infra-rouges; photographie prise par un appareil photographique ordinaire, mais sur un film spécial, sensible aux infra-rouges avec un filtre éliminant la lumière visible;

La thermométrie, qui est une mesure directe, point par point, de la température cutanée, grâce à l'utilisation de thermomètres très sensibles.

La thermographie médicale, qui connaît déjà de multiples applications est une reproduction sur papier photographique, ou sur toute autre surface sensible, de l'énergie infra-touge émise spontanément par le corps humain. Energie qui est captée par un système optique qui balaye la surface à étudier, et transformée en électricité, variable selon l'énergie émise, puis amplifiée,

---

le courant électrique amplifié alimentant un tube à décharge qui produit un faisceau lumineux dont l'intensité varie en fonction de l'énergie infra-rouge. Ce faisceau lumineux vient impressionner un film polaroïd.

En quelques années, des modifications ont été apportées à la technique princeps, permettant des applications plus nombreuses. Certes, la thermographie est une exploration nouvelle, qui ne vise pas à établir un diagnostic; simplement elle fournit des données thermiques facilement obtenues, sans risques sans disconfort, sans traumatisme, donnée qui viennent s'incorporer aux différentes étapes de la démarche diagnostique, en se recoupant ou parfois même en s'opposant aux autres renseignements fournis par les méthodes instrumentales ou physiques classiques. Parmi les applications cliniques, l'étude des affections mammaires prend la première place, avec possibilité d'orienter la distinction entre lésions malignes et lésions bénignes; puis viennent les affections vasculaires, périphériques, cérébrales; les affections rhumatismales; les traumatismes; moins étudiées; les affections gynécologiques et obstétricales, enfin les épreuves dynamiques.

Quant la pathologie thyroïdienne, qui nous intéresse ici particulièrement, elle commence seulement à être considérée comme une indication intéressante de la thermographie. L'utilisation de plus en plus large de la scintigraphie avec emploi d'iode radio-actif a permis de distinguer entre nodules "chauds" et nodules "froids", selon l'intensité de la fixation de l'isotope radio-actif. Il était donc intéressant d'appliquer les ressources de la thermographie à la distinction des lésions thyroïdiennes, en particulier à celles considérées comme "froides". Des comparaisons entre les scintigraphies et les thermographies permettent des conclusions intéressantes, enrichissant les éléments du diagnostic positif et différentiel.

Les travaux consacrés à la thermographie en pathologie thyroïdienne restent encore peu nombreux; c'est pourquoi, afin de décrire les principes et les techniques de la méthode, avons-nous été contraint de faire appel également aux indications et applications extra thyroïdiennes, d'ailleurs dans une certaine mesure transposable - nous pensons en particulier aux tumeurs du sein, à la glande thyroïde.

Nous avons donc établi et suivi le plan de travail que voici :

- tout d'abord un HISTORIQUE nous permettra de suivre la succession des acquisitions faites depuis des siècles, qui ont abouti à la thermographie médicale telle qu'elle se pratique actuellement,

- ensuite nous en verrons le PRINCIPE

- puis les TECHNIQUES,

- enfin les APPLICATIONS CLINIQUES en dehors de la pathologie thyroïdienne, puis celles qui permettent aujourd'hui d'étudier les nodules thyroïdiens.

oOo

II - HISTORIQUE.

Il y a maintenant 397 ans que GALILEE en 1595 a le premier étudié la température du corps avec un appareil que BIANCONI vingt ans plus tard appelait "thermoscope". De 1625 date les travaux de Sanctorius, de Padoue, qui le premier déclarait pouvoir déterminer les variations de la température du corps humain au cours de l'évolution de certaines fièvres. Son ouvrage d'abord n'attira guère l'attention, et il fallut attendre BOERHAAVE et son fidèle Van Swieten pour qu'utilisant des instruments grossiers ne donnant que des lectures approximatives, ces auteurs accordent à la thermométrie toute sa valeur au cours des maladies. George Martine en 1738 a sans doute été le premier à déterminer avec exactitude la température des sujets bien portants, et des animaux. Il a fallu attendre Carl Wunderlich pour que la thermométrie trouve sa signification clinique pratique, entre 1865 et 1870. Mais la généralisation du thermomètre médical ne devait se faire que lentement et très progressivement.

Par ailleurs, l'histoire des infra-rouges est elle aussi nécessaire pour notre propos. C'est en 1800 que Sir William HERSCHEL les découvrit dans son travail "Investigation of powers of prismatic colors to heat and illuminate objects with remarks that prove different refrangibility of radiant heat (Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1800 tome 90, pa pages 255-283). Dix ans plus tard, en 1840, le fils de M. HERSCHEL, J.F.W. HERSCHEL confirmait cette irradiation infra-rouge correspondant à la chaleur. Par ailleurs SEEBECK en 1825 avait découvert le thermocouple : "On unequal evolution of heat and prismatic spectrum" (Philosophical Mag 1925 I, p.330-343, et II p.445-455). NOBILI en 1829-1830 mettait au point un thermo-multiplicateur ou thermoscope électrique. Mais des années passèrent encore avant que puissent être réalisées des déterminations quantitatives précises. C'est à LANGLEY que l'on doit, en 1881, l'invention du volomètre, de ce qu'il a d'abord appelé balance actinitique.

En 1916, seulement WOODHEAD et VARRIER-JONES parlent de thermométrie clinique, en 1939, HARDY décrit le pouvoir irradiant d'infra-rouges de la peau humaine. La thermographie apparaît dans une oeuvre de HARDY et STOLL publiée en 1954 et réunissant diverses méthodes en recherche médicale. Trois ans plus tard, LAWSON décrit la thermographie comme un nouvel instrument de recherche systématique en pathologie mammaire. Cette première étude de 1957 sera complétée de publications en 1961 et 1963. Avec BARNES et GERSHON-COHEN, la thermographie clinique prend un aspect bien défini, différent des photographies classiques infra-rouges qui exigent que l'objet soit irradié par un rayonnement d'ondes courtes infra-rouges provenant d'une source extérieure de haute température : de telles photographies peuvent être prises avec des appareils ordinaires bien équipés d'un filtre éliminant toute lumière visible, et avec un film sensibilisé au delà de l'extrémité rouge du spectre. Comme à ces longueurs d'ondes la peau humaine est transparente, et du fait d'une bande d'absorption dans le sang désoxygéné autour de 0,9 µ, le sang veineux est photographié en noir, les photographies obtenues peuvent parfois être comparées à des phlébographies. Les thermogrammes, au contraire, ne nécessitaient aucune illumination ou irradiation externe de l'objet, ils étaient pris dans une obscurité totale, n'étant influencés ni par la couleur, ni par la pigmentation de la peau, et dépendaient uniquement de la température cutanée. En 1963, BARNES fait paraître une nouvelle étude sur la thermographie du corps humain, l'énergie du rayonnement infra-rouge apportant de nouveaux concepts et une nouvelle instrumentation pour les diagnostics médicaux. Puis vinrent les indications de la méthode : SKERSKY et collaborateurs l'utilisent dans les affections vasculaires périphériques (1964) dans l'appréciation de la circulation carotidienne (WOOD), dans les affections cérébrovasculaires; BIRNBAUM s'en sert pour localiser le placenta (1965). Entre 1964 et 1967, des revues générales sont consacrées à la thermographie médicale par MONNEROT-DUMAINE (1964), par GERSHON COHEN (1965) par FISCHGOLD (1966), par GROS et collaborateurs surtout (1966-1968). GRALL en 1967 propose une nouvelle technique utilisant les cristaux liquides de cholestérol, GROS pense pouvoir contrôler l'action d'un traitement circulatoire. MANDSLEY utilise la thermographie dans le diagnostic des maladies cérébrovasculaires occlusives (1968). Puis commence la publication des études consacrées au dépistage du cancer du sein, par KARPMAN, par HITCHCOCK, par GROS en 1968, par TRICOIRE en 1970, cet auteur proposant une nouvelle technique d'utilisation des cristaux liquides inspirée de celle de GRALL. Ce n'est que tout dernièrement que l'on commença à appliquer la thermographie au diagnostic des nodules thyroïdiens : KARPMAN en 1971, PLANIOL et GARNIER en 1972, en même temps des comparaisons sont faites avec l'échographie ultrasonique bidimensionnelle (1972).

III - PRINCIPE

La peau humaine est partiellement transparente et partiellement réfléchissante à la lumière visible et à la bande voisine des infra-rouges; mais ses propriétés optiques dans la zone des plus grandes longueurs d'ondes sont très différentes. Entre 3 μ et jusqu'à 15 μ, la peau humaine essentiellement n'est ni transparente ni réfractante; c'est en somme un corps noir, un absorbant quasi-parfait, par conséquent,selon les lois physiques de base, c'est un émetteur également quasi parfait d'énergie infra-rouge.

Alors que la température centrale est pratiquement maintenue constante autour de 37°, la température cutanée est normalement plus basse que celle du corps mais dépend de multiples facteurs et varie dans une large marge. Elle est influencée en partie par la conduction thermique provenant de sources de chaleur et pénétrant dans le corps, en partie par l'activité vasculaire juste au dessous de la surface cutanée et à l'intérieur du revêtement dermique, par pertes thermiques dues à l'évaporation de la perspiration, par la convection de courants aériens, et aussi par l'échange de l'énergie infra-rouge qui s'effectue constamment entre elle et tout objet dans sa zone lumineuse immédiate. Ces trois dernières influences peuvent être très minimisées, lorsque les thermogrammes sont pris dans une pièce conditionnée à température fraiche et à l'abri de tout courant d'air, le sujet étant dévêtu, restant parfaitement tranquille dans cette ambiance pendant au moins dix minutes avant la prise des thermogrammes.

Il faut donc retenir avant tout que ces radiations infra-rouges peuvent être émises par tout corps dont la température n'est pas au zéro absolu; elles véhiculent la chaleur, et méritent ainsi le nom d'ondes calorifiques qu'on leur a parfois donné. Elles peuvent impressionner un système photographique approprié, et donner ainsi des thermogrammes, des photographies de la chaleur.

D'une façon générale, tout système en équilibre tend à conserver cet équilibre. Si l'équilibre thermique est dérangé, en chauffant, par exemple une tasse de café, l'équilibre va se rétablir spontanément par refroidissement de cette tasse jusqu'à ce qu'elle ait rejoint la température ambiante. On aura la

régulation inverse avec une tasse de café glacé. Le retour à l'équilibre thermique dans un sens ou dans un autre, implique donc un transfert d'énergie qui se produit par le moyen d'une émission de rayons infra-rouges.

Lorsque de l'énergie électromagnétique Σ tombe sur un objet, divers phénomènes peuvent se produire, en proportions variant avec la nature de cet objet :

- ou bien l'énergie le traverse, peut être transmise par lui, T on dira que l'objet est transparent;

- ou bien l'énergie peut être conservée, absorbée : A, il s'agit alors d'un corps opaque, mat,

- ou encore l'énergie peut être réfléchie : R. Lorsque R est très important, l'objet s'est comporté comme un miroir.

On peut donc dire que l'énergie totale Σ reçue par un corps se partage en trois facteurs : T, A et R. Par conséquent :

$$\Sigma = T + A + R$$

En admettant que Σ vaut 100, les valeurs variées de T, A et R totaliseront 100, puisque l'énergie ne se perd pas. Les corps transparents possèdent un T voisin de 100, A et R étant alors négligeables. Pour les corps opaques, c'est A qui avoisine 100; pour les surfaces réfléchissantes c'est R qui est proche de 100, les deux autres facteurs avoisinant chaque fois zéro. On comprend alors facilement qu'un bon absorbant est un bon émetteur, tandis que les corps transparents réfléchissants seront de mauvais émetteurs. L'émission d'énergie radiante est donc bien un phénomène fondamental de la nature.

Une loi de physique établit que l'énergie totale émise Σ par un objet est proportionnelle à son émissivité, et à la 4e puissance de sa température absolue :

$$\Sigma = \varepsilon \vartheta^4$$

où ε varie de 0 pour un objet transparent ou un miroir à 1 pour unn absorbant parfait. La peau humaine a une émissivité de 0,99 : donc pratiquement maximale. L'émission est en fonction directe de la longueur d'onde. Il s'ensuit q ue tout objet peut être transparent pour une partie du spectre et totalement absorbant pour d'autres longueurs d'ondes. C'est ainsi que le verre est transparent à la lumière visible et opaque à l'infra-rouge : c'est donc un excellent émetteur pour cette longueur d'onde infra-rouge.

MONNEROT-DUMAINE, à qui nous devons cet exposé, poursuit à tout instant notre corps émet des radiations de la lumière invisible. Nous vivons dans une ambiance d'infra-rouges, où ceux-ci sont constamment émis, absorbés, et re-émis par tout objet autour de nous, dans la mesure où ces objets échangent de l'énergie radiante avec leurs voisins, dans leur effort d'établir l'équilibre thermique. Ces phénomènes sont bien connus etont reçu, de très nombreuses applications dans divers domaines de l'industrie, du laboratoire, de la défense nationale, de l'exploration spatiale.

HARDY a le premier montré que l'émissibité de la peau humaine pour des longueurs d'ondes de plus de 4 μ est de 0,99 . Pratiquement c'est donc un corps noir. Le coefficient ε est si proche de l'unité que la mesure de l'énergie émise par la peau est en relation directe avec les valeurs de ε . Pour limiter la sensibilité de la caméra aux longueurs d'ondes pour lesquelles la peau est opaque, il faudra employer des filtres, par exemple des lentilles de germanium qui est opaque au spectre visible jusqu'aux ondes de 1,8 μ

- la lumière va, rappelons-le, de 0,8 μ à 0,4 μ; l'infra-rouge commence à 0,8 μ. Le germanium est transparent de 1,8 μ à 15 μ.

On est ainsi arrivé à concevoir la thermographie comme une reproduction sur papier photographique ou sur toute autre surface sensible, de l'énergie infra-rouge émise spontanément par le corps humain. Cette énergie sera captée par un système optique qui balaye la surface du corps, se transforme en électricité variable selon l'énergie émise par chaque point du corps, puis elle est amplifiée. Ce courant électrique amplifié alimente un tube à décharge qui produit un faisceau lumineux dont l'intensité varie en fonction de l'énergie infra-rouge; et qui impressionne un film polaroïd. Mais des techniques différentes se sont succédées; améliorant le procédé comme nous allons le voir dans les pages qui suivent.

oOo

IV - TECHNIQUES

Le principe des divers appareils et équipements actuellement utilisés reste le même, puisque les constructeurs se sont tous fondés sur celui de E.H. WOOD formulé en 1964; cependant des modifications de détail, à divers niveaux du circuit, ont entraîné de grosses améliorations tant dans le maniement des appareils que dans les résultats obtenus.

WOOD partait du fait qu'un territoire cutané hypovascularisé a une température plus basse que celle de la peau environnante et émet moins de rayons infra-rouges qu'elle. U n cristal d'antimoniure d'indum, refroidi à la température de l'azote liquide, indique les variations de ce rayonnement, en le transformant en signaux électriques qui sont amplifiés, et projetés sur l'écran d'un oscilloscope cathodique.

Après balayage, les images de l'écran sont photographiées, les zones froides apparaissant en noir.

GROS à qui l'on doit, l'introduction de la thermographie médicale en France, et sa diffusion grâce à des applications cliniques toujours plus étendues, a commencé courant 1966 à utiliser l'appareil de BARNES, un thermographe dont l'ouverture du champ d'exploration est de 10' de hauteur et de 20' de largeur. Le pouvoir de résolution de cet appareil est de 3 mm2 à 3 mètres. La vitesse d'enregistrement est constante, la durée approximative d'un thermogramme étant de l'ordre de trois à quatre minutes.

Le sujet étant le foyer émissif d'infra-rouges, le thermographe de BARNES comporte :

- un système optique assurant le balayage de la surface du corps explorant en 200 lignes 60.000 points d'émission infra-rouge; la chaleur étant variable à la surface du corps, le rayonnement infra-rouge l'est aussi,

---

- un bolomètre et un thermistor, transformant l'énergie infra-rouge instantanée émise par chaque point, en énergie électrique par variation de la résistance du circuit : on a donc à cette étape une électrique variable,

- un amplificateur, le courant électrique amplifié alimente un tube à décharge qui produit un faisceau lumineux dont l'intensité varie en fonction de l'énergie infra-rouge. Il y a donc transformation des courants amplifiés en faisceau lumineux; l'enregistreur, le faisceau de lumière vient impressionner un film polaroïd qui fournit au terme de l'examen une image thermique quantitative de la région étudiée;

- le dernier temps est donc l'impression de la plaque photographique et l'obtention du thermogramme.

Le thermographe de BARNES est donc caractérisé par un détecteur, un "thermistor", qui est un détecteur thermique non refroidi, sa sensibilité ou sa résolution en température étant de 0,1°C; sa cadence, son mode d'information étant de une image toutes les trois ou quatre minutes;

La caméra L.E.P. a pour détecteur une cellule au germanium dopé au mercure Ge (Hg) sensible dans la bande des 10μ et refroidie à l'hélium liquide. Sa sensibilité est de 0,05°C sa cadence et ses modes d'information sont de deux images/seconde, en thermoscopie et isothermie.

La caméra A.G.A. a pour détecteur une cellule à l'antimoniure d'indium (InSb) sensible dans la bande des 4 μ et refroidie à l'azote liquide. Sa sensibilité est de 0,3°C; sa cadence et ses modes d'information sont de 16 images/seconde, en thermoscopie, isothermie; l'enregistrement se faisant en couleurs;

La caméra C.S.F. a pour détecteur une cellule à l'antimoniure d'indium (InSb) sensible dans la bande des 4 μ et refroidie à l'azote liquide. Sa sensibilité est de 0,3°C; sa cadence et ses modes d'information sont de une image/4 secondes en thermoscopie;

Le thermographie C.G.R. marque encore des progrès; sa tête de détection est une véritable caméra fonctionnant dans l'infra-rouge moyen, et destinée à observer l'objet par l'intermédiaire d'un balayage opto-mécanique; les éléments constitutifs principaux de ce thermographe sont :

- un miroir primaire concave situé au fond de la tête, qui reçoit toute l'énergie infra-rouge émise par le corps examiné. Ce miroir étant animé d'un mouvement oscillant, il permet d'analyser toute la surface à explorer;

- un miroir secondaire de faibles dimensions, qui analyse l'image du miroir primaire par petites surfaces successives, qui renvoie le flux énergétique reçu sur une cellule de détection. Ce miroir secondaire est monté dans un bloc comprenant le moteur d'entraînement, l'alternateur de référence et les dispositifs de correction optique;

- l'ensemble détecteur, constitué par un vase de Dewar contenant le système cryogénique assurant le refroidissement de la cellule photosensible. Le fluide utilisé est l'azote gazeux qui par ce système se transforme en azote liquide à une température de - 196°C au niveau de la cellule,

- outre cette tête de détection, le thermographe C.G.R. comporte une armoire de visualisation : éléments de trantement électronique des signaux issus du détecteur; oscilloscope permettant la mise au point optique et la visualisation d'examen avec possibilité d'adaptation d'un appareillage standard "Polaroïd"; diverses alimentations électriques nécessaires au fonctionnement; un dispositif photographique d'agrandissement; un panneau de commande et de réglage;

- enfin, un ensemble d'alimentation en azote comprend les bouteilles d'azote, le système régulateur et de contrôle de pression du fluide gazeux.

On peut donc dire qu'à la suite de l'intérêt croissant suscité par les procédés thermographiques chez les utilisateurs médicaux, et grâce au développement des techniques infra-rouges, les constructeurs proposent à présent plusieurs types de caméras infra-rouges dotés de perfectionnements tels que la thermoscopie, l'analyse des isothermes, l'enregistrement en couleur,

La thermoscopie consiste à obtenir, grâce à un balayage suffisamment rapide à une cadence de l'ordre de une image par seconde, une image à peu près constante pour l'oeil et directement observable sur un écran. L'avantage essentiel n'est pas tant une réduction de la durée d'examen, que la possibilité d'une meilleure mise en évidence des régions franchement anormales, et du choix de l'image. En effet, écrit GROS, avec un thermographe effectuant le balayage en plusieurs minutes, les réglages sont effectués sans contrôle simultané de l'image tandis qu'avec une caméra rapide, le document n'est enregistré que lorsqu'on a obtenu l'image thermoscopique optimale; l'analyse des isothermes consiste à déterminer les zones d'égale température sur la surface cutanée, sous la forme de lignes ou de bandes de températures d'une largeur ΔT et à un niveau T variables, que l'on peut choisir en fonction de la région étudiée; en outre, il est possible de mettre en évidence globalement les zones à températures supérieures à celle d'une isotherme. Utilisées conjointement, la thermoscopie et l'analyse des izo-

thermes permettront, en autres avantages, de pouvoir repérer de façon plus significative les températures cutanées absolues par référence au corps noir; de pouvoir effectuer une localisation plus précise des points chauds pathologiques sur la surface cutanée; de pouvoir apprécier dans certaines conditions la situation plus ou moins profonde et l'intensité d'un foyer thermogène; enfin de permettre d'étudier les relations entre la distribution thermique cutanée et les processus pathologiques semi-profonds, ou superficiels; la thermographie en couleurs enfin apporte un gros progrès : en effet, l'interprétation par l'oeil de l'image noir et blanc comportant une gradation de noircissement est relativement difficile, et ne permet souvent qu'une appréciation de 2 ou 3/10 de degré centésimal près. Pour pallier cette difficulté, on a mis au point divers procédés de thermographie en couleurs, par exemple la transposition électronique ou photographique des noircissements en nuances colorées, en encore l'enregistrement direct de l'image en couleur par interposition de filtres colorés entre le film et l'écran thermoscopique sur lequel on fait apparaître successivement soit des bandes isothermes en vue de reconstituer une image globale, soit des lignes isothermes en vue de représenter une analyse fine des niveaux thermiques.

Avec le procédé décrit, on est arrivé à établir une séméiologie thermographique des différentes zones du corps, à connaître les aspects normaux, à interpréter les aspects pathologiques.

Dans le cas d'une thermographie normale, les zones les plus chaudes apparaissent en blanc, les zones les plus froides sont au contraire noires. L'interposition entre l'objet radiant, le sujet à examiner, et l'enregistreur, le thermographe, on interpose un miroir qui aboutit à l'inversion de l'image. Le patient étant en décubitus dorsal, le membre droit est à la droite du lecteur, en position ventrale, le membre droit est à la gauche du lecteur.

Prenons par exemple la thermographie des membres inférieurs, qui est largement utilisée en pathologie vasculaire et dont les images offrent de bonnes corrélations avec l'angiographie correspondante. Les plis inguinaux, les creux poplités, sièges d'une stagnation d'air tiède, apparaissent sous forme de plages très blanches. Par contre la face antérieure des genoux, les régions malléolaires, qui ne possèdent qu'une vascularisation cutanée assez pauvre, sont noires; la qualification de chaud ou de froid n'a pas de valeur absolue, mais désigne les limites supérieures et inférieures de la plage thermométrique étudiée, et déterminée par réglage de l'appareil. La température cutanée diminuant de la

racine du membre à son extrémité, celle-ci en règle générale n'apparaît pas sur une thermographie : l'amputation symétrique des pieds sur une thermographie n'est nullement pathologique. Naturellement l'étude comparative des deux côtés est nécessaire. Parfois on constate un aspect thermique très inhomogène, fait de nombreuses petites plages claires éparses, à mettre au compte d'un pannicule adipeux épais : il ne s'agit donc pas d'images pathologiques.

oOo

V - APPLICATIONS CLINIQUES EN DEHORS DE LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE

Ce n'est que tout récemment, et dans un nombre encore limité de cas, que la thermographie médicale a été appliquée à l'étude de la thyroïde pathologique - un nodule froid, à priori, ne donnant pas d'image scintigraphique, la thermographie apporte dans un tel cas son très précieux concours.

Par contre, la méthode a été beaucoup plus largement utilisée cette dernière décennie à l'étude d'affections vasculaires, rhumatismales, mammaires et à un degré moindre en gynécologie-obstétrique et en traumatologie. Il a été ainsi possible de recueillir de nombreux renseignements qui, plus ou moins transposables à la région thyroïdienne, nous ont paru mériter notre attention.

Tout récemment, GROS et collaborateurs convenaient que la thermographie infra-rouge s'adresse à toutes les disciplines médicales, mais que certains domaines lui sont plus particulièrement accessibles.

a - Pathologie vasculaire :

Dès 1963, BARNES et GERSHON-COHEN s'attachaient à l'étude thermographique de certaines affections vasculaires. Ils partaient de l'idée que les processus inflammatoires sont caractérisés par des élévations de température périphérique avec souvent de grandes difficultés pour distinguer une lésion bénigne d'une lésion maligne. Tous les tests, tous les examens biologiques, l'intégration et la synthèse des résul ats ainsi obtenus de tous côtés sont nécessaires avant d'arriver à un diagnostic final correct. Ils citent une observation qui devait rectifier un diagnostic de thrombophlébite du membre inférieur droit présente depuis six semaines chez une femme de 76 ans. C'est finalement la thermographie qui a révélé la présence de lésions métastatiques malignes, alors que le tableau clinique initial n'évoquait qu'une simple thrombophlébite. Le membre inférieur droit donnait un dégagement thermique intense, bien supérieur à celui ordinairement observé en cas de thrombophlébite. L'éléva-

tion thermique entre deux zones symétriques des deux membres inférieurs comportait une différence de 2,5°C; comme le revêtement cutané n'était pas le siège d'une inflammation visible, on demanda un examen radiologique qui révélait des lésions malignes métastatiques au niveau du tubia droit. Des thermographies de tout le corps révélèrent des points chauds au niveau des côtes, du rachis, du bassin osseux, correspondant chaque fois à des métastases confirmées ultérieurement par la radiologie.

La vascularisation cutanée est extrêmement riche, et sans doute insuffisamment exploitée en médecine. L'émission de radiations infra-rouges est très influencée par les modifications survenant au niveau de l'irrigation sanguine dans l'ensemble du lit vasculaire, dont on connaît la complexité, il est apparu que des modifications surviennent sous l'effet du contrôle nerveux, de l'âge, de processus pathologiques. Il devenait donc utile d'étudier par thermographie les affections vasculaires, maladies artérielles oblitérantes, thrombophlébites, mais aussi états réactionnels aux médicaments, aux chocs, aux traumatismes. La preuve a été obtenue que les études thermographiques pratiquées dans de nombreux cas peuvent compléter et confirmer les phlébographies et les artériographies et avoir un poids certain dans les décisions opératoires. De plus les résultats de la chirurgie vasculaire peuvent être enregistrés avec le maximum de clarté par des thermographies post-opératoires.

F. WEILL, BONNEVILLE, PREVOTAT, RICATTE, JAPY et J. FRANCOIS ont pu bénéficier des renseignements thermographiques chez une douzaine de malades atteints d'affections vasculaires diverses au niveau des membres inférieurs. Ils en ont tiré des conclusions séméiologiques extrêmement précieuses : en ce qui concerne la sénéiologie thermographique spontanée : les documents obtenus ont fait apparaître deux grands ordres de modifications thermiques : l'hypothermie l'hyperthermie paradoxale.

- l'hypothermie, plus ou moins distale, terminale, franche, indique une oblitération de l'axe artériel avec mauvaise circulation de suppléance Sa correspondance avec l'angiographie est l'image d'arrêt artériel au même niveau.

Plus ou moins distale, terminale, homogène, mais moins accusée de même densité optique que les zones physiologiquement froides, comme le genou, l'hypothermie traduit une diminution du débit sanguin et sa correspondance avec les aspects angiographiques est la sténose artérielle du même niveau;

- l'hyperthermie paradoxale se manifeste par une plage franchement blanche, étendue, tranchant sur les zones proximales et distales. Elle traduit une augmentation du débit sanguin superficiel, c'est-à-dire une suppléance segmentaire. Sa correspondance avec l'angiographie est la thrombose segmentaire avec suppléance.

A cette séméiologie thermographique spontanée en pathologie vasculaire, il faut ajouter la séméiologie thermographique provoquée :

Après injection de substances vaso-dilatatrices, la thermographie permet d'objective, l'efficacité des médicaments administrés sous la forme d'un aspect généralement moins sombre du membre et souvent, disparition de l'image d'amputation thermique de l'extrémité. Dans d'autres cas, au contraire, tout se passe comme si l'organisme faisait appel d'emblée à toutes ses possibilités de suppléance vasculaire, et dans ces cas, l'effet du vaso-dilatateur est nul, voire même, paradoxalement inversé.

Après une sympathectomie lombaire, l'amélioration à long terme n'est bien visible qu'à la partie distale du membre où elle se traduit par un aspect anormalement clair. L'épreuve d'effort chez le sujet normal provoque une hyperthermie des membres. Chez l'artéritique, au contraire, résulte de l'effort un déficit du débit périphérique, et par conséquent une hypothermie plus accentuée. GROS pense que le degré d'ischémie peut ainsi être apprécié par le refroidissement des membres et surtout des extrémités,et que la thermographie, étant donné son innocuité, est indiquée dans la surveillance des processus artéritiques traités par sympathectomie ou par vaso-dilatateurs. En pathologie veineuse, par contre, les données de la thermographie lui semblent plus inégales, elles témoignent surtout des hyperthermies diffuses par thromboses veineuses et par terrain variqueux.

La thermographie montre un refroidissement du membre s'accentuant vers les extrémités dans les lymphoedèmes, dans les oedèmes chroniques par compression vasculaire, par exemple post-mammectomie.

La méthode trouve également sa place dans les épreuves dynamiques.

- d'abord dans les épreuves pharmacodynamiques à effet hémodynamique la thermographie permet d'apprécier l'effet des médicaments à visée hémodynamique. Les produits vaso-constricteurs ne sont guère utilisés, ils ne sont d'ailleurs pas dépourvus de risques; par contre les drogues vasodilatatrices, qui trouvent de très nombreuses indications en pathologie vasculaire, peuvent

être appréciées dans leurs effets par la méthode thermométrique cutanée. Par exemple, une épreuve consistant en l'injection intra-veineuse de 300 mg de niacinate de xanthinol peut être étudiée par la thermographie, dans la durée de l'effet vasodilatateur, dans l'amplitude de la phase de refroidissement. On saura étudier en particulier la région fac iale en cas d'artériosclérose, les effets des vasodilatateurs étant souvent très accusés, mais suivis d'une vasoconstriction prolongée avec refroidissement plus important qu'avant l'injection médicamenteuse. SKERSKY et HERRING ont décrit une méthode comportant une injection intra artérielle par voie fémorale lors de la thermographie des affections vasculaires périphériques. Per os, les vasodilatateurs ne donnent pas d'effets mesurables par thermographie;

- ensuite, les épreuves de refroidissement, qui sont de deux types : ou bien l'étude du refroidissement spontané d'une région donnée sous l'influence de l'exposition au froid, ou bien l'étude du réchauffement après refroidissement préalable direct de la zone à étudier. Cette dernière méthode donne des renseignements moins précis, le refroidissement provoquant par lui même des perturbations locales. Le rrfroidissement est obtenu par immersion des extrémités dans l'eau par application de vessies de glace sur la région frontoorbitaire. On objective ainsi les différences de propriétés therniques des régions pathologiques par rapport aux régions homologues saines. Le contraste thermique est plus accentué par l'épreuve dynamique; enfin, on dispose d'épreuves de réchauffement, qui permettent en particulier d'étudier le comportement des territoires pathologiques soumis à la thermothérapie. Il est ainsi possible de suivre les modifications thermiques homolatérales et contre-latérales consécutives à des apports de chaleur par diathermie; irradiations infrarouges, parafango; on a eu la surprise d'observer qu'après ces épreuves, le refroidissement secondaire par vaso constriction périphérique est toujours important, et surtout prolongé.

Les affections vasculaires cérébrales bénéficient elles aussi des renseignements fournis par la thermographie. CAPISTRANT et GUINIT ont procédé à une étude thermographique à la suite d'un épisode d'ischémie carotidienne transitoire. WOOD en 1965 avait établi une corrélation de 88 % entre le refroidissement frontal médian et l'occlusion carotidienne. Cette baisse de température est due à une insuffisance de circulation sanguine dans les artères frontales et sus-orbitaires, et dans les branches terminales cutanées de l'artère ophtalmique; Chez sept malades opérés avec succès au niveau de l'artère carotide

interne, WODD a constaté chez deux d'entre eux un refroidissement persistant du côté opéré : ce que l'on peut expliquer par la présence de micro-embolies dispersées lors de l'intervention et venues obstruer d'autres terminaisons vasculaires, MANDSLEY en 1968 a trouvé une corrélation entre le diagnostic thermographique et les constatations angiographiques dans 82 % des cas de rétrécissement de carotide interne; mais il a également trouvé une forte proportion de thermographies faussement positives. Sur 41 malades avec angiographies normales, cinq soit 14 % avaient des thermographies anormales. Chez chacun d'eux de ces malades, la zone de refroidissement siégeait du côté des symptômes cliniques, mais l'aortographie n'a montré aucun rétrécissement dans aucune des artères extra crâniennes. Ici encore on peut suspecter le rôle de micro-embolies dans la responsabilité et des symptômes et des anomalies thermographiques.

J. ROBERT, C. PICARD, A. BERTRAND, M. WEBER et G. ARNOULD ont en 1970 publié leurs résultats dans le diagnostic thermographique des affections vasculaires cérébrales, leur série comportant 98 malades adressés à la clinique neurochirurgicale de Nancy pour troubles cérébraux présumés d'origine vasculaire. Une artériographie ou si elle était contre-indiquée, l'ophtalmodynamométrie, l'électro encéphalographie avec compression carotidienne, ou la scintigraphie, ont été pratiquées aux fins de comparaison. Sur 9 cas de thrombose carotidienne, huit fois existait un e zone froide sus orbitaire, av ec, chez cinq malades, une hypothermie de la face antérieure du globe et des paupières : signe oculo-palpébral qui renforce la sureté du diagnostic d'obstacle carotidien lorsque l'hypothermie frontale est discrète.

Sur huit cas de sténose de la carotide primitive, le triangle froid sus orbitaire a été observé six fois, dont quatre avec le signe oculo-palpébral. Sur 19 cas de sténose de la carotide interne, le triangle froid a été noté 16 fois avec dans neuf cas le signe oculo-palpébral. En somme, on peut dire que la thermographie a montré une gène, ou un arrêt circulatoire, dans 30 cas sur 36, soit un pourcentage de 83 % très proche de celui de WOOD, 89 % calculé sur 64 malades. D'une façon générale, les signes thermiques les plus nets s'observent à la phase aiguë de l'affection vasculaire, et les signes les plus discrets chez les malades dont la symptomatologie évolue avec souvent des phases de régression depuis plusieurs mois. Quatre des malades ayant une thermographie normale avaient une sténose carotidienne reconnue depuis plus de six mois, un cinquième avait des lésions athéromateuses et sténosantes bilatérales des carotides. La thermographie est selon WOOD nor-

male lorsque le degré de sténose est inférieur à 50 % mais il est difficile sauf par la méthode isotopique, d'apprécier l'importance d'une sténose.

Sur Dix sujets de ROBERT et collaborateurs n'ayant pas eu d'artériographie comparative, mais dont les données cliniques et paracliniques étaient en faveur d'une atteinte carotidienne, la thermographie a révélé dans sept cas un déficit circulatoire. Sur les 49 témoins atteints de troubles neurologiques divers mais sans anomalies carotidienne décelable, la thermographie a été normale dans 48 cas; le dernier malade présentait une température un peu plus basse sur une région latéro-frontale unilatérale sans que la cause en soit établie.

Parfois encore, des anomalies thermographiques accessoires apparaissent une zone froide s'étendant en haut, en dehors, lorsque la sténose de la carotide externe est serrée et qu'il y a associée, une thrombose carotidienne interne, ou en cas de sténose de la carotide primitive. Mais à l'inverse, en dehors de la zone hypothermique on a pu trouver des taches hyperthermique correspondant sans doute à des points de suppléance vasculaire, en particulier au niveau du nez, du sillon naso-génien. Une insuffisance carotidienne interne pourrait ne se traduire que par une hyperthermie nasale. Mais ce signe est très inconstant, et s'il est apprécié par WOOD, ROBERT ne l'a trouvé que dans 15 cas sur 36 insuffisances carotidiennes vérifiéds et alors que dans 11 de ces 15 cas l'artériographie était normale.

Il semble enfin que certaines tumeurs provoquent un refroidissement de la zone paramédiane sus orbitaire, par compression de l'ophtalmique, par hémodétournement : éventualité en tous cas rares, et trouvée par ROBERT dans un cas sur douze.

Chez deux malades, la zone froide siégeait du côté opposé à celui qui était le siège des symptômes; mais comme ces sujets n'ont pas eu d'artériographie, il est impossible de conclure à l'éventuelle présence d'une suppléance complexe ou d'un autre foyer latent. On peut cependant dire que le triangle froid signifie, de son côté, un déficit carotidien dans 92 % des cas; dans 77 % des cas une atteinte carotidienne a une traduction thermographique sans ambiguité; c'est dire la valeur de cet examen.

b) - C'est sans doute en pathologie mammaire que la thermographie a été la plus exploitée.

Avec cette indication, si nous nous écartons de notre propos, qui reste la pathologie thyroïdienne, pourtant, nous allons acquérir un certain nombre de données transposables dans cet autre domaine. TRICOIRE utilise la thermographie en plaque, avec emploi de cristaux liquides, plaques sensibles donnant des images de très bonne définition, faciles à photographier, et réutilisables. L'observation directe de la plaque doit être complégée par des photographies en couleur à développement instantané ou non. TRICOIRE a examiné près de 500 malades atteintes d'affections mammaires variées, avec un diagnostic exact dans 97 % des cas. Après prise de l'observation chronique, on procède à une thermographie du sein malade, et du sein contrôlatéral, on projette les clichés, on porte un diagnostic qui est comparé avec les notions de la mammographie et de l'anatomopathologie.

Les aspects thermographiques du sein normal doivent être connus; les points d'insertion sur la paroi thoracique sont plus chauds que le sein; le sillon sous mammaire fait virer la plaque au violet, entre 34° et 34°5, la paroi thoracique est un peu moins chaude et fait virer au bleu. Les pédicules vasculaires interne et externe sont très chauds; l'étude du prolongement axillaire du sein est difficile, sauf en cas de lipome, tumeur froide qui se détache bien. Le parenchyme mammaire est plus ou moins chaud selon les circonstances, les périodes de la vie génitale. Les couleurs sont le marron, et plus le vert. La vascularisation peut donner de petites taches en étoile, ou une fine image linéaire se raccordant au pédicule vasculaire, ou enfin un réseau de mailles régulières recouvrant le sein. Le premier aspect se trouve chez les adolescentes, les femmes âgées, le second chez la femme adulte avec dans la deuxième partie du cycle, apparition du troisième aspect; retrouvé également dans la grossesse même à ses débuts.

On ne peut se contenter d'une appréciation grossière selon laquelle les zones chaudes correspondent à des lésions malignes intra-parenchymateuses. En pratique on constate qu'une tumeur du sein peut avoir la même température que le reste du sein et que la zone contro-latérale, parfois même elle est plus froide. Ces deux aspects sont en faveur de la bénignité. Elle peut être plus chaude, massivement, en flaque, ou en tache dissociée en éléments plus petits, de taille et de disposition variables. Une tumeur chaude peut avoir un centre froid.

La vascularisation peut être normale, cela surtout dans les tumeurs bénignes; mais elle peut être bouleversée dans les kystes de grandes dimensions, anormale, elle peut être radiaire.

L'examen thermographique de 300 malades a permis à TRICOIRE de porter un diagnostic immédiat dans 290 cas, avec 10 fois un diagnostic hésitant. Dans 93 cas, il s'agissait de tumeurs bénignes, dans 77 cas de tumeurs malignes, dans 120 cas d'affections non tumorales du sein.

Sur les 93 tumeurs bénignes, on compte 6 lipomes, 30 adénofibromes, 16 kystes multiples de mastose, 36 kystes isolés de taille moyenne, 5 kystes de grandes dimensions.

Les 77 tumeurs malignes ont donné des aspects de chaleur massive, ou de centre tumoral froid, ou d'image intermédiaire. Replacé dans le contexte clinique, l'examen thermographique en plaque est un moyen rapide et efficace de diagnostic en pathologie mammaire. Nous retrouverons certains de ses élèments en pathologie thyroïdienne.

c) - Les affections rhumatismales, la traumatologie, ont également été considérées comme d'intéressantes indications de la thermographie. Pourtant les compte-rendus d'examens restent encore peu nombreux.

Selon GROS et collaborateurs, seules les atteintes rhumatismales des membres peuvent bénéficier de la méthode thermographique. En effet, au niveau de la colonne vertébrale, les masses musculaires des gouttières para-vertébrales ne permettent pas d'étude précise, ni de la localisation, ni du type d'affection. Seuls quelques foyers hyperthermiques localisés permettent dans quelques cas de repérer certains processus, par exemple une métastase cancéreuse, ou un traumatisme vertébral; mais l'examen n'apporte rien de plus que l'étude radiographique. En outre, dans la région lombaire l'ensellure vertébrale réalise une large hyperthermie par effet cavitaire, ce qui masque les zones entre l_4 et S_1 qui sont précisément le siège le plus fréquent des lésions.

Par contre, au niveau des membres la thermographie permet une excellente étude fonctionnelle des différentes arthropathies. Les foyers hyperthermiques vont être, en particulier, bien évidents et localisés dans les polyarthrites rhumatoïdes, dans les arthroses en poussée évolutive, dans les ar-

thropathies uratiques. Inversement, une hypothermie caractérise les syndromes atrophiques, et les syndromes comportant un déficit circulatoire. Ce sera le cas dans les algodystrophies réflexes qui présentent d'abord, à la phase oedémateuse une hyperthermie diffuse suivie d'une hypothermie correspondant à la phase atrophiques. Dans les acroparesthésies, l'aspect thermographique est proche des images de déficit circulatoire de l'acrocyanose et de l'artérite, à savoir un refroidissement prononcé des extrémités intéressant non seulement les doigts comme dans certains cas normaux, mais aussi le dos de la main, et très souvent le poignet.

On ne trouvera aucune modification thermographique dans des affections telles que les névralgies cervico-brachiales, les syndromes du canal carpien.

TRICOIRE a obtenu par la thermographie de reconnaître des zones chaudes anormales dans dix cas de métastases osseuses. C'est certainement la détection des métastases vertébrales qui représente l'aspect le plus spectaculaire de cette recherche. Dans une observation privilégiée, TRICOIRE a pu constater une chaleur anormale précédant l'apparition de l'image radiographique.

Dans les premiers travaux publiés, ceux de BARNES et GERSHON mentionnaient l'intérêt de la thermographie dans les plaies et blessures traumatiques, non seulement celles qui restent localisées au revêtement cutané et aux tissus mous, mais également lorsque les lésions intéressent des structures plus profondes, os et viscères. Des cas d'inflammations et de lésions malignes dans pratiquement toutes les régions du corps ont pu donner en thermographie des résultats diagnostiques inattendus : des images anormales ont été constatées dans des affections aussi diverses que les arthrites, les synovites les bursites, la maladie de Paget des os, des granulomes éosinophiliques, des tumeurs des os, bénignes ou malignes.

Ces auteurs citent également les anomalies thermographiques observées dans les tumeurs malignes du foie et du pancréas, TRICOIRE pense qu'il est possible, en pathologie hépatique, de réaliser une cartographie du foie à l'aide d'une plaque de grandes dimensions montée sur un cadre déformable. La détection des métastases hépatiques de la face antérieure de la glande est possible, car elles se traduisent par une augmentation de la vascularisation et par une tache chaude anormale. Cette détection est rendue plus délicate

Dans le deuxième nouveau malade, cure de [illegible] par-

une tierce mono; cure également [illegible] et de lésions malignes

plus profondes, on est inspiré. Des cas d'inflammation et de lésions malignes

des traités électriques internes : des [illegible] sont des cuis-

tures dans des [illegible] ; [illegible] une suppuration

les tumeurs, la maladie de Paget des os, des granulomes éosinophiliques, la

tumeur des os, bénignes ou malignes.

[illegible]

vées dans les tumeurs malignes du foie ou du pancréas, [illegible] parce qu'il

est possible, en pathologie hépatique, de réaliser une cartographie du foie à

l'aide d'une plaque de grandes dimensions montée sur un cadre déformable. La

détection des métastases hépatiques de la face antérieure du foie est

possible, en [illegible]

et par une face [illegible] postérieure. Cette détection est moins [illegible]

si le malade est de surcroit cirrhotique, parce qu'un gros nodule de régénération peut être plus chaud que le parenchyme avoisinant.

d) - Les indications obstétricales et gynécologiques de la thermographie ont été signalées, mais il semble que la méthode n'ait été que peu utilisée. Elle serait intéressante dans la localisation du placenta, et pour tenter un diagnostic précoce de placenta praevia. Il semble que l'ultra-son, en échographie ultrasonique, lui ait été préféré. Mais ce sont là des utilisations d'exception, qui ne sauraient se mesurer avec toutes les méthodes classiques d'exploration de l'appareil génital féminin.

Nous arrivons ainsi à l'indication qui dès le début avait attiré notre attention : l'emploi de la thermographie en pathologie thyroïdienne, aux côté des méthodes désormais classiques des dosages biochimiques et surtout de l'exploration isotopique, de la scintigraphie. Les examens thermographiques réalisés au niveau de la thyroïde ont été généralement couplés avec les méthodes usuelles d'exploration, afin d'en mieux saisir la valeur et d'établir une confrontation des données ainsi obtenues. C'est à cet aspect de la thermographie que nous allons consacrer le chapitre qui termine notre travail.....

oOo

VI - APPLICATIONS DE LA THERMOGRAPHIE A LA PATHOLOGIE THYROIDIENNE

On sait que le concept de nodule froid et de nodule chaud est admis en pathologie thyroïdienne; mais l'accord n'est pas toujours réalisé sur les moyens d'établir cette distinction, ni même sur la signification qu'elle a en ce qui concerne la nature, maligne ou bénigne de la lésion. Schématiquement, on a dit qu'un nodule froid ne fixait pas l'iode radicactif et qu'en scintigraphie, il ne donnait pas d'image interprétable. Mais avec l'accumulation des documents, on a pu trouver des nodules "froids" non fixant l'isotope, et dont la malignité a pu être établie histologiquement. Toujours est-il qu'étant donné les difficultés, parfois même les incertitudes du diagnostic préopératoire en pathologie thyroïdienne, toute nouvelle méthode susceptible d'apporter des éléments nouveaux, complémentaires des données classiques, se doit d'être bien accueillie.

Tout récemment, Th. PLANIOL, G. GARNIER et L. POURCELOT cherchaient à préciser le diagnostic des nodules thyroïdiens par les méthodes physiques, et montraient les résultats, mais aussi les limites, voire les lacunes, des moyens d'exploration dont nous disposons actuellement. Ces auteurs pensent qu'il serait souvent avantageux d'associer deux méthodes physiques, externes non traumatisantes, savoir l'échographie bidimensionnelle et la thermographie, à la scintigraphie par iode radioactif.

Il est d'abord rappelé que les nodules thyroïdiens froids, c'est-à-dire ne fixant pas l'iode radio actif à la scintigraphie, sont d'origine cancéreuse dans une proportion notable des cas : autour de 20 pour 100. Les causes principales de nodules froids sont les kystes, les nodules de thyroïdite, certains adénomes. D'où l'intérêt de faire appel à l'échographie et à la thermographie.

Tout récemment, Mm. FRANCIOS, G. CHEVRIER et L. POMMERAY observaient

[illegible] les résultats, mais aussi les limites, voire les insuccès, des

[illegible]

[illegible] à la scintigraphie par iode vrai notit.

Il est d'accord reprid que les nodules thyroïdiens froids, c'est-à-
dire ne fixant pas l'iode radio actif à la scintigraphie, sont d'origine can-
céreuse dans une proportion notable de cas : environ de 20 pour 100. Les cri-
tères principaux de nodules froids sont les kystes, les nodules de dégénéres-
cence adénomateux. D'où l'intérêt de faire appel à l'échographie et à la [illegible]
négligible.

L'échographie ultrasonique en exploration thyroïdienne est une méthode nouvelle, simple, d'une totale innocuité, et qui a pris depuis plusieurs années une place non négligeable dans l'exploration des affections gynéco-obstétricales et neurologiques. Depuis 1965 différentes équipes ont utilisé la méthode en pathologie thyroïdienne, et concluent favorablement de leurs expériences, à la valeur diagnostique de cette technique. C'est ainsi que THIJS a exploré 86 cas d'affections thyroïdiennes concurremment par les méthodes isotopiques et biochimiques classiques et par l'échographie ultrasonique.

Cet auteur a utilisé l'échographie unidimensionnelle qui permet de mesurer la dimension de la structure étudiée, et l'échographie bidimensionnelle, qui réalise une coupe tomographique de cette structure, ce qui autorise des mesures volumétriques. Il a obtenu des images sur écran cathodique que l'on peut photographier, et qui permettent de mesurer en vraie grandeur les dimensions du corps thyroïde, de préciser la nature, solide ou liquide, d'un nodule thyroïdien.

On sait que l'échographie ultrasonique est une méthode basée sur les différences d'impédances acoustiques des structures tissulaires traversées par un faisceau d'ultra sons; elle est particulièrement facile à utiliser au niveau de la région cervicale où il est possible de distinguer, suivant l'intensité du faisceau ultra-sonique, la thyroïde des structures voisines : muscles, trachée, pédicule vasculaire.

Avec l'échogramme bidimensionnel, c'est-à-dire avec un tomogramme ultrasonique, il est possible d'apprécier une éventuelle augmentation de volume de la thyroïde, le siège et les dimensions de la glande. Avec l'échogramme unidimensionnel, on pourra préciser la nature solide de la lésion, la zone traversée apparaissant alors remplie d'échos, ou la nature liquidienne de celle-ci ce qui donnera un trou échographique. La confrontation des échogrammes avec les scintigrammes isotopiques et les thermographies; d'une part, avec les données anatomo-pathologiques, d'autre part, a montré tout l'intérêt de ces nouvelles méthodes physiques, qui complètent utilement, sans les supplanter les moyens classiques d'exploration de la thyroïde : soit que l'exploration isotopique soit impossible, soit qu'il s'agisse de préciser la nature, solide ou liquidienne, d'un nodule solitaire hypofixiant. Répété à des niveaux différents, l'échogramme bidimensionnel permet d'apprécier avec plus de précision qu'aucune autre méthode le volume, donc le poids, du corps thyroïde : ce qui est essentiel dans le calcul des doses en cas de traitement par l'iode radioactif.

Dans leurs propres essais, PLANIOL, GARNIER et POURCELOT, comparent la scintigraphie, l'échographie et la thermographie au service des diagnostics thyroïdiens.

L'échographie bidimensionnelle leur permet d'apprécier le volume du parenchyme thyroïdien dans le sens transversal, par lecture directe sur l'écran: dans les goitres, l'image n'est anormale que s'ils sont hétérogènes, l'écho est diminué dans les adénomes, normal ou très légèrement modifiés dans les nodules des thyroïdites et dans les nodules cancéreux.

La thermographie avec ses intéressants perfectionnements de thermographie en couleurs, de sensibilisation par refroidissement de la glande suivi de réchauffement, a permis à ces mêmes auteurs de constater qu'à l'état normal le corps thyroïde ne donne pas d'image thermographique. A l'état pathologique, on peut trouver des zones hyperthermiques, et, moins souvent, des zones hypothermiques, dont il faut étudier la symétrie par rapport à la ligne médiane du cou.Le thermogramme est normal ou hypothermique dans les kystes, avec ou sans hyperthermie à leur pourtour, il est normal dans les adénomes simples, mais dans les adénomes hyperthyroïdiens toxiques, on trouve une très grande importance hyperthermie locale, débordant les contours du nodule, ou se retrouvant sur presque toute la glande. Dans les cancers, l'hyperthermie locale est également franche. Pour éviter toute confusion, PLANIOL précise que l'expression de nodule froid utilisé en scintigraphie ne s'applique pas aux résultats de la thermographie. C'est ainsi qu'un nodule froid en scintigraphie et thermographiquement chaud, peut être considéré avec une haute probabilité, comme d'origine cancéreuse.

Les résultats apportés par la combinaison des trois méthodes : scintigraphie, échographie bidimensionnelle, thermographie, sont beaucoup plus explicites, sans pouvoir être toutefois rigoureusement systématisés. Il est en effet que possible qu'au niveau d'une même thyroïde coexistent une thyroïdite et un cancer. Pourtant, on peut adopter le schéma suivant :

Le kyste thyroïdien sera considéré comme probable devant un nodule ferme, arrondi, d'apparition récente sans signes de la série thyroïdienne, sans adénopathie. L'exploration fonctionnelle à l'iode radioactif va indiquer qu'il s'a it soit d'une euthyroïdie, soit d'un thypothyroïdie, La scintigraphie montre un nodule froid, des contours nets, une fixation homogène sur le reste de la glande. Le thermogramme, lui, est symétrique, ou montre une hypothermie sur le nodule avec parfois une hyperthermie de pourtour. Quant à l'échographie, en cas de kyste le nodule se manifestera par un vide acoustique.

L'adénome sera suspecté en présence d'un nodule isolé, découvert fortuitement, ou évoluant depuis des années, ou encore devant un goître ancien, multinodulaire. On ne trouve chez le malade ni adénopathies ni symptômes de la série thyroïdienne. L'épreuve par iode radioactif révèle une euthyroïdie. La scintigraphie donne un nodule froid aux limites assez nettes. La fixation isotopique sur le reste de la glande est variable, en particulier en cas de goître nodulaire ancien. Quant au thermogramme, il est symétrique, normal. L'échographie objective une diminution d'intensité des échos à ce niveau, et en cas de dégénérescence kystique, un vide acoustique.

La thyroïdite sera évoquée avec probabilité lorsqu'au cours d'une poussée inflammatoire, survient un nodule douloureux et dur à la palpation; ou si la poussée éteinte, persiste un nodule résiduel hypofixiant. Sur la plan biologique on trouve d'utiles indices : accélération de la vitesse de sédimentation globulaire, augmentation des gamma-globulines, présence d'anticorps. Le traitement corticothérapique fait régresser ces signes. L'exploration par l'iode radioactif montre une courbe de fixation soit normale, soit effondrée avec élévation de la fraction iodée non hormonale. La scintigraphie donne un nodule hypofixiant, et une fixation hétérogène du reste de la thyroïde. La thermographie montre une très intense hyperthermie, débordant les limites du nodule rapé, ou même s'étendant à la quasi-totalité de la glande. L'échotomographie donne des coupes normales, ou peu modifiées.

Le cancer sera évoqué en présence d'un nodule isolé, dur, indolore dans une glande par ailleurs normale; les adénopathies cervicales sont possibles, mais inconstantes. L'épreuve par iode radioactif indique une euthyroïdie. La scintigraphie donne l'image d'un nodule froid, aux limites peu nettes, avec une fixation isotopique radioactive parfois hétérogène sur le reste de la glande. La thermographie montre au niveau du nodule, une hyperthermie nette. L'échographie bidimensionnelle donnera des réponses soit normales, soit très légèrement diminuées.

PLANIOL et collaborateurs arrivent ainsi au schéma suivant :

- en présence d'un nodule froid scintigraphiquement, on doit présumer le cancer, ou la thyroïdite s'il est thermographiquement chaud et acoustiquement plein,

- le kyste, s'il est froid et vide,

- l'adénome, s'il est froid et plein.

GROS et collaborateurs ont en 1969 publié les résultats de l'application de la thermographie à la pathologie cervicale. Sur une série de 150 études comparatives cliniques, scintigraphiques et thermographiques du corps thyroïde, ces auteurs disent avoir pu retenir des conclusions parfois assez surprenantes. En effet, les hyperfonctionnements thyroïdiens, aussi bien l'hyperthyroïdie classique diffuse que l'adénome toxique, qui sont essentiellement des hypersécrétions, comme en témoigne la fixation élevée du traceur radioactif, sont dans la plupart des cas normothermiques, ou faiblement hyperthermiques. C'est ainsi que :

Les goitres, simples ou nodulaires, comportent essentiellement une hyperplasie du tissu thyroïdien : l'hyperthermie y est habituellement nette, mais peu prononcée.

Les goitres adénopateux, par contre, et surtout ceux qui ont eu des accidents hémorragiques récents, se caractérisent toujours par des foyers hyperthermiques et bien localisés; les goîtres cervico-thoraciques ne donnent pratiquement jamais d'image thermographique du segment intra-thoracique, la paroi sterno-costo-claviculaire formant probablement obstacle à la propagation thermique.

Les affections inflammatoires, thyroïdites, kystes suringectés se traduisent toujours par une hyperthermie dont l'intensité est directement proportionnelle au degré de l'inflammation. Le problème du diagnostic du cancer thyroïdien, par contre, n'est pas résolu par la thermographie, qui est souvent normale par exemple dans l'épithélioma papillaire, à part quelques cas rares, il n'y a pas de concordance entre les anomalies de fixation de l'iode radioactif et les modifications thermographiques observées.

Tout récemment enfin une observation de H.A. KARPMAN est venue illustrer l'intérêt de la thermographie dans le diagnostic d'un nodule thyroïdien, ce cas comportant d'intéressantes comparaisons entre la scintigraphie, la thermographie et l'anatomo-pathologie :

Il s'agissait d'une femme de 44 ans qui note, en pleine santé apparente, une sensation de tension, de gonflement et de sensibilité sur la région droite de la face antérieure cervicale. La sensibilité et le volume augmentent rapidement. A la palpation on peut localiser le nodule au pôle inférieur droit de la thyroïde. Les tests et dosages biologiques montrent les signes d'une hyperfonction thyroïdienne. La fixation d'iode radioactif ,est normale : 22 %, la scintigraphie indique une zone de moindre fixation radioactive sur le lobe droit de la glande. Une thermographie montre une région relativement froide dans le

champ du lobe droit de la thyroïde. On pratique une lobectomie thyroïdienne droite. A l'examen anatomopathologique, on trouve dans la pièce un kyste à parois grises, mesurant 2,4 x 1,8 x 1,8 cm, contenant un matériel jaune rouge fluide. L'examen microscopique montre qu'il y a dégénérescence d'un nodule adénomateux pré-existant avec une paroi kystique sclérosée, des hémorragies dans le stroma avoisinant coexistait avec une forte réaction histiocytaire. Le reste du tissu glandulaire ne montrait que les conséquences de la compression.

KARPMAN commentant cette observation, rappelle que des lésions malignes de très petites dimensions, jusqu'à 0,4 mm de diamètre, peuvent néanmoins entraîner des émissions thermiques anormalement élevées, décelables par des équipements thermographiques très sensibles. L'augmentation relative de l'émission d'infra-rouges par les tissus cutanés sus jacents une tumeur maligne est responsable des thermogrammes anormaux enregistrés à ce niveau. On peut donc s'attendre à ce qu'un examen thermographique de la région cervicale antérieure d'un malade porteur d'un cancer de la thyroïde objectivera une chaleur relative dans la zone sus-jacent la lésion. Par ailleurs, une thermographie faite au niveau de la région cervicale antérieure chez un malade porteur d'un nodule thyroïdien non cancéreux révélera un refroidissement relatif sur la région du nodule. Le cas sité plus haut confirme cette attente théorique. U n nodule non cancéreux sera trouvé relativement froid à l'examen thermographique, il sera trouvé chaud en cas de nodule malin. C'est donc exactement l'opposé de ce qui se produit avec la fixation d'iode radioactif dans laquelle le nodule thyroïdien malin présentara un pouvoir de fixation isotopique diminué, et donnera l'image d'un nodule froid. En résumé, on peut penser qu'un nodule thyroïdien sera bénin s'il apparaît comme une tache froide en thermographie et s'il prend en scintigraphie l'aspect dit de nodule froid. Par contre, il faudra s'attendre à une lésion maligne si le nodule apparaît chaud en thermographie et froid en scintigraphie par ^{131}I

On peut donc dire que la thermographie doit êtred considérée comme une nouvelle technique de grande valeur pour l'estimation des nodules thyroïdiens et des goitres, on doit l'utiliser dans la détection précoce de tumeurs thyroïdiennes cliniquement. Comme l'examen thermographique n'est absolument pas traumatisant, qu'il peut être répété aussi souvent que nécessaire, sans aucun risque pour le malade, il semble qu'on doive l'utiliser largement en pathologie thyroï - dienne, et plus particulièrement pour suivre les malades porteurs d'une tumeur maligne de la thyroïde.

oOo

ligne de la thyroïde.

C O N C L U S I O N S

I - On sait depuis bien longtemps déjà que le revêtement cutané émet une chaleur que l'on s'est efforcé de mesurer, tant dans les états normaux que pathologiques. Mais il fallut d'une part la découverte des rayons infra-rouges, d'autre part des progrès techniques permettant leur enregistrement, pour que la thermographie médicale trouve son expression actuelle, avec ses deux paramètres fondamentaux, la vitesse d'enregistrement de l'image thermique, la définition ou résolution des inégalités ou des asymétries thermiques. Les appareils connurent ces dernières années des améliorations techniques telles que la température d'un point de la surface de l'organisme étant transformé en signal électrique, et ce dernier en signal lumineux, une cartographie thermique, maintenant en couleurs, peut être dressée, avec ses aires chaudes et ses aires froides, et surtout ses modifications pathologiques correspondant à une lésion sous jacente.

II - La thermographie ne doit pas être considérée comme une méthode de diagnostic en soi, mais d'un moyen de détection d'un point ou d'une aire, chaud ou froid, parfois très précocement, avant même l'apparition de l'image radiographique. Les renseignements thermographiques s'ajoutent aux autres données cliniques biologiques, anatomopathologiques, radiologiques, pour compléter et enrichir le dossier sur lequel le diagnostic sera établi. Les indications ont d'emblée été la pathologie vasculaire, périphérique, cérébrale, les lésions mammaires, et aussi certaines affections rhumatismales, certains traumatismes, certaines atteintes viscérales, hépatiques, utérines.

III - Ce n'est que tout récemment que la thermographie a été appliquée à la pathologie thyroïdienne. Les renseignements qu'elle apporte sont à confronter avec ceux des dosages et tests biologiques, ceux de la fixation d'iode radioactif, ceux de la scintigraphie isotopique, ceux de l'anatomo-pathologie. La notion de nodules "chauds" et de nodules"froids" établie en scintigraphie se

retrouve , mais sans superposition avec la thermographie. Il faut donc savoir interpréter concordances et discordances. Méthode externe, sans danger, pouvant être répétée aussi souvent qu'il est nécessaire, la thermographie trouve sa place dans la surveillance d'un malade porteur d'une lésion thyroïdienne dont on veut suivre l'évolution et préciser la réponse au traitement. Elle mérite une utilisation toujours plus étendue dans ce secteur bien particulier et si important de l'endocrinologie....

oOo

Renseignements Bibliographiques

- BARNES R.B.

Thermography of the human body. Infrared radiant energy provides new concepts and instrumentation for medical diagnosis
Science 24 mai 1963, 140, p.870-891

- BARNES R.B.

Clinical thermography
Journ. Am. Med. Assoc. 21 sept. 1963, 185, p.949-952

- BERNHEIM R.

L'échographie ultrasonique en exploration thyroïdienne
Nouv. Presse Med. 12 fev. 1972, n°7, p.481-482

- BIRNBAUM S.J., KLIOT D.A.

Thermoplacentography
Obs. Gyn. avril 1965, 25, p.515-519

- BOURJAT P.

De la thermographie médicale
Thèse de Strasbourg 1966, 86 p.

- CAPISTRANT T.D., GUINIT R.J.

Thermography following a carotid transient ischemic epidose
Journal. Am. Med. Assoc. 26 janv. 1970, 211, p.656-657

- COLIN J., HOUDAS Y., BOUTELIER Ch.

Détermination expérimentale de la surface effective de radiation thermique chez l'homme
C.R. Acad. Sc. 18 avril 1966

- FISCHGOLD H.

La thermographie médicale,
Colloque Int. Applications Diagnostiques Thermographie
Strasbourg 26 mars 1966

- GAUTHERIE M.

Détermination indirecte par thermométrie infra-rouge des propriétés thermiques des tissus humains in vivo.
C.R. Acad. Sciences 4 nov. 1968

- GAUTHERIE M., Ch. GROS, J.L. MUGLE

Observation par thermométrie et thermographie infra-rouge d'oscillations des températures cutanées digitales
Revue Fr. Etudes Clin. Biol. 1968, 13, p.899-904

- GERSHON-COHEN J., HABERMAN J.D., BRUESCHKE E.E.

Médical thermography. A summary of current status
Radiol. Clin. North. America dec. 1965, 3, p.403-421

- GERSHON-COHEN J.

Applications cliniques de la thermographie médicale
Colloque Thermographie Strasbourg 26 mars 1966

- GRALL Y.

Thermographie cutanée par cristaux liquides de cholestérol
C.R. Soc. Biol. 24 juin 1967

- GROS Ch., VROUSOS C.

Thermographie médicale
Presse Med. 25 déc. 1966, 74, p.2902-2905

- GROS Ch.

Historique, bases physiques de la thermographie et de l'image thermographique du corps humain.
Colloque intern. Thermographie Strasbourd 26 mars 1966

- GROS Ch. GAUTHERIE M., BOURJAT P.

Principe de la thermographie infra-rouge appliquée à la surface cutanée.
Journ. Radiol. Electrol. 1968, 49, p.937-944

- GROS C.M., BOURJAT P., GAUTHERIE M., VROUSOS C.

Orientations nouvelles en thermographie
Presse Med. 12 avril 1969, 77, p.675-678

- HARDY J.D.

Radiating power of human skin in infrared
Am. Journ. Physiol. 1949, 127, p.454-462

- HITCHCOCK C.R., HICKOK D.F., SOUCHERAY J., MOULTON T., BAKER R.C.

Thermography in mass screening for accult breast cancer
Journ. Am. Med. Assoc. 6 mai 1968, 204, p.419-422

- KARPMAN H.L.

Screening breast cancer by thermography
Journ. Am. Med. Assoc. 30 sept. 1968, 206, p.136

- KARPMAN H.A.

Thermography in diagnosis of thyroïd nodule
Journ. Am. Med. Assoc. 7 juin 1971, p.1646-1647, 216

- LAWSON R.N.

Thermography a new tool in investigation of breast lesion
Canad. Serv. Med. Journ. 1957, 13, p.517-524
Canad. Med. Assoc. J. 1961, 20 mai 84, p.1129-1131

- MAWDSLEY C., SAMUEL E., SUMERLING M.D.

Thermography in occlusive cerebrovascular disease
Brit. Med. Joun. 1968, 3, p.521-524

- MONNEROT-DUMAINE

La thermographie du corps humain
Presse Med. 18 janv. 1964, 72, p.191-192

- NOBILI L.

Description d'un thermo-multiplicateur ou thermoscope électrique
Ann. Physik Series 1830, 20, p.245-251

- PLANIOL Th., GARNIER G., POURCELOT L.

Diagnostic étiologique des nodules thyroïdiens par les méthodes physiques.
Ann. Radioo. 1971, 14, p.683-694, et 695-708

- ROUQUES L.

La thermographie dans le diagnostic des affections vasculaires cérébrales.
Presse Med. 21 nov. 1970, 78, p.2203

- TRICOIRE J.

La thermographie en plaque. Technique nouvelle d'utilisation des cristaux liquides
Presse Med. 26 déc. 1970, 78, p.2481-2482

- TRICOIRE J., MARIEL L., AMIEL J.P., POIROT G., LACOUR J. FAJBISCWICZ S.

Thermographie en plaque de 300 malades atteintes d'affections variées du sein
Presse Med. 26 dec. 1970, 78, p.2383-2386

- WEIL F., BONNEVILLE J.F., PREVOTAT N., RICATTE J.P., JAPY C., FRANCOIS J.

Séméiologie thermographique des ischémies chroniques des membres. Corrélations angiographiques, le signe de l'hyperthermie paradoxale.
Presse Med. 5 avril 1969, 77, p.629-632

- WOOD E.H.

Evaluation of carotid circulation with aid of facial thermography
Radiology 1964, 83, p.540-542

- WOOD E.H.

Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease
Radiology 1965, 85, p.270-283

- WOODHEAD G.S., VARRIER JONES P.C.

Clinical thermometry
Lancet 1916 : I, p. 173-180
281-288
338-340
450-452
495-502

oOo

Vu, le Président de Thèse

M. le Professeur BRICAIRE

Vu, le Doyen de la Faculté

SAINT-ANTOINE

M. le Professeur LOYGUE

Vu et Permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris

R. MALLET

Vu, le Président de Thèse

M. le Professeur BRICAIRE

Vu, le Doyen de la Faculté

SAINT-ANTOINE

M. le Professeur LOYGUE

Vu et Permis d'imprimer

Le Recteur de l'Académie de Paris

R. MALLET